

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-34525

(43)公開日 平成5年(1993)2月12日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/12	A	7036-2K		
	M	7036-2K		
G 0 2 F 1/01		8106-2K		

審査請求 未請求 請求項の数6(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平3-187583

(22)出願日 平成3年(1991)7月26日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 日比野 善典

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 大森 保治

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 柳沢 雅弘

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 光石 俊郎

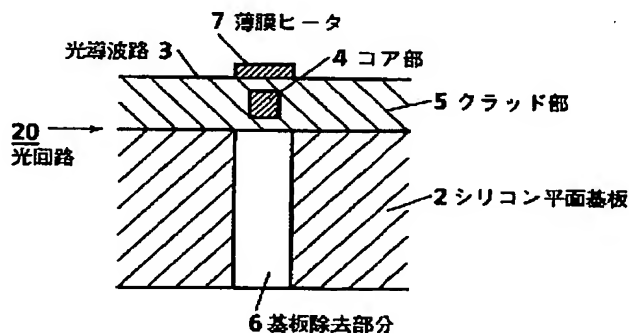
(54)【発明の名称】 光回路

(57)【要約】

【目的】 平面基板上に石英系ガラス光導波路を有する光回路の多機能高集積化及び生産性向上。

【構成】 光導波路3のうち薄膜ヒータ7などにより機能化や特性調節を図った部分の下平面基板2を、裏側面から加工して局所的に除去する。

実施例2



(2)

特開平5-34525

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 石英系ガラスを素材として作製された、光が伝搬するコア部とこのコア部の周りに形成されたコア部よりも屈折率が低いクラッド部とからなる光導波路を、平面基板の表側面上に具備する光回路において、前記平面基板のうち前記光導波路の下方の部分に、裏面側から加工された基板除去部分を有することを特徴とする光回路。

【請求項2】 請求項1において、前記基板除去部分に前記光導波路が露出していることを特徴とする光回路。

【請求項3】 請求項1または請求項2において、前記平面基板がシリコン基板であることを特徴とする光回路。

【請求項4】 請求項1または請求項2において、前記光導波路の反基板側のうち、前記基板除去部分の上方の部分に、薄膜ヒータを有することを特徴とする光回路。

【請求項5】 請求項1または請求項2において、前記基板除去部分の底部に、薄膜ヒータを有することを特徴とする光回路。

【請求項6】 請求項1または請求項2において、前記基板除去部分の底部と、前記光導波路の反基板側のうち基板除去部分の上方の部分とに、それぞれ電極を有することを特徴とする光回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、主に光通信用品の分野で使用される平面型の光回路に関し、特に新機能を付加するための技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光回路として、石英ガラスやシリコンの基板上に形成可能な石英系ガラスの光導波路が、石英系光ファイバとの整合性が良いことから、実用的な導波形光回路の実現手段として研究開発されている。この種の石英系光導波路では、通常シリコン基板上に、アンダークラッド層堆積→コア層堆積→コアエッチング→オーバークラッド層堆積のプロセスにより、コア・クラッド構造が形成される。

【0003】 石英系光導波路は、損失が低い、安定性が高い、加工性が良い等の特長があり、光合分波回路などの各種光回路を構成する上で非常に有用である。このような特性を活かして、最近では、高機能高集積化した平面型光回路の作製が進められている。

【0004】 石英系光導波路を用いた光回路において、更に高機能高集積化を図るには、基板上で局所的に機能化を図ることが望ましい。また、生産性を向上させるには、作製上での微小な屈折率や導波路形状の変動を、基板上で局所的に調節できることが必要である。

【0005】 そのため従来は、1991年電子情報通信学会春季全国大会C-252に示されるガイド溝や、1987年電子情報通信学会半導体・材料部門全国大会3

2

72に示されるブリッジタイプ熱光学効果スイッチの如く、光導波路面側から基板に加工を行って、局所的な機能化や調節をしていた。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、基板と加工できる深さに制限があると共に、膨大な加工時間を必要とする欠点があるため、実用上、光回路の機能性及び生産性の向上が困難であった。

【0007】 本発明の目的は、従来技術では困難であった、石英系光導波路の特性を効果的且つ局所的に生かし且つ調節することができる機能性及び生産性が向上した光回路を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の請求項1に係る光回路は、石英系ガラスを素材として作製された、光が伝搬するコア部とこのコア部の周りに形成されたコア部よりも屈折率が低いクラッド部とからなる光導波路を、平面基板の表側面上に具備する光回路において、前記平面基板のうち前記光導波路の下方の部分に、裏面側から加工された基板除去部分を有することを特徴とするものである。この場合、好ましくは請求項2の如く、基板除去部分から光導波路が露出するように加工する。また、平面基板の素材は、好ましくは請求項3の如くシリコン基板とするが、切削加工やエッチングを行うことができるものであれば、石英ガラス基板など何でも良い。

【0009】 基板除去部分及びその周辺はそのままにしても良いが、例えば請求項4の如く光導波路の反基板側のうち基板除去部分の上方の部分に薄膜ヒータを設けたり、請求項5の如く基板除去部分の底に薄膜ヒータを設けたり、請求項6の如く基板除去部分の底と、光導波路の反基板側のうち基板除去部分の上方の部分とにそれぞれ電極を設けると良い。

## 【0010】

【作用】 請求項1の構成において、石英系光導波路直下の近傍に局所的に基板除去部分があるので、この基板除去部分を利用して基板上で局所的に機能化を図ったり、また、微小な屈折率や導波路形状の変動を基板上で局所的に調節する。これら機能化や調節は、請求項2の如く基板除去部分に光導波路が露出しているときより効果的に行える。この場合、基板除去部分は基板の裏側面、即ち反光導波路側にあるから、基板を裏側面から加工することができ、容易に基板を部分的に除去できる。請求項3の如くシリコン基板の場合は、基板除去のための切削加工やエッチングが極めて容易である。

【0011】 基板除去部分を利用した局所的な機能化や調節として、請求項4では薄膜ヒータにより光導波路を上面（反基板除去部分側）から加熱する。この場合、シリコン基板など一般に基板は熱伝導係数が大きく放熱量が大きいので、薄膜ヒータの反対側に局所的に基板除去部分が存在するので、放熱量を抑制し、局所的な省エネル

## 3

ギータタイプのヒータとなる。通常、このヒータは光導波路の屈折率を局所的に変化させるために用いられる。請求項5では薄膜ヒータにより光導波路を下面（基板除去部分側）から加熱する。更に、請求項6では、電極により基板除去部分で上下から光導波路に電界を印加する。この場合、基板除去部分では他より電界が高いから、局所的な電界印加となる。通常、電界の印加は光導波路に局所的にポッケルス効果を誘起させるために用いられる。

【0012】基板除去部分を利用した局所的な機能化や調整の他の例として、上述のような格別の素子を固定的に設置する必要がないものがある。例えば、TEC(Thermally expanded core)と称されているものであり、基板除去部分からマイクロバーナなどにより光導波路を局所的に加熱する。これにより、屈折率を変えるために予め添加したドーパントを局所的に拡散させることができる。あるいはクエンチと称されているものでは、同じくマイクロバーナなどにより基板除去部分から光導波路を局所的に加熱し、次いで急冷する。これにより、石英系ガラスでは屈折率を変えることができ、従って方向性結合器の結合率を変化させることが可能となる。

【0013】素子を基板除去部分に設置する場合として、次のように利用することもできる。例えば、基板除去部分の底面とこれに反対側の光導波路上面とに圧電素子を取り付け、光導波路に局所的に応力を印加することができ、これは通常、屈折率を局所的に変化させたり、異方性を与えるために用いられる。あるいは、基板除去部分の底面とこれに反対側の光導波路上面に金属膜を蒸着する。これにより、効果的にTE・TMモードストリップを作製することができる。

## 【0014】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

【0015】〔実施例1〕 図1(a), (b)に本発明に係る光回路の基本構成例を示す。図1(a)に示す光回路1はシリコン平面基板2の表側面上に作製した石英系ガラスの光導波路3を有する光回路において、光導波路3直下の局所にてシリコン平面基板2を、裏側面から切削加工またはエッチングにより光導波路3裏面が露出するまで完全に除去して、基板除去部分6を形成してある。図1(b)に示す光回路1Aは、光導波路3裏面は露出しないが、光導波路3に極く近くまで、光導波路3直下の局所にて、シリコン平面基板2を除去して、基板除去部分6Aを形成してある。図1中で、4はコア部、5はクラッド部であり、クラッド部5の屈折率はコア部4よりも低い。

【0016】〔実施例2〕 図2に示す光回路20では、シリコン平面基板2上に作製した石英系ガラス光導波路3を有し、且つこの光導波路3の上部に金属の薄膜ヒータ7を有する光回路において、光導波路3のうち薄

## 4

膜ヒータ7を設けた部分の直下で、シリコン平面基板2を裏側面から加工及びエッチングにより完全に除去して、局所的に基板除去部分6を形成してある。これにより、薄膜ヒータ7の省エネルギー化を図った。

【0017】図3により、光回路20の作製手順例を説明する。まず、図3(a)に示すように、通常の方法で、シリコン平面基板2上にGeO<sub>2</sub>添加石英系ガラス光導波路3を作成した。コア部4は矩形とし、サイズは7×7μmである。コア部4とクラッド部5との屈折率差は0.75%とした。また、通常の手法で、光導波路3上に金属薄膜ヒータ7を作成した。そして、まず図3(b)に示すように、薄膜ヒータ7直下にて、シリコン平面基板2に裏側面から途中まで、切削加工により途中まで穴8をあけ、次に図3(c)に示すように、ウェットエッチングにより、光導波路3が露出するまでシリコン平面基板2の残り部分2Aを除去した。図3(b)の穴8が図1(b)の基板除去部分6Aに相当し、この段階までのものでも図2のものに近い作用効果をもつ。

【0018】〔実施例2の応用例〕 図2に示した実施例の効果を確認するため、図4に示すように熱光学効果を利用したマッハツェンダ(MZ)干渉計型光スイッチ21において、その薄膜ヒータ7下部でシリコン平面基板2を除去し、局所的に基板除去部分6を形成した。図4中で、4はコア部、5はクラッド部、9Aと9Bは3dB方向性結合器であり、3dB方向性結合器9A、9B間の一方のアームである光導波路3上に金属の薄膜ヒータ7が形成されている。この薄膜ヒータ7に電流を流すと光導波路3が局所的に加熱され、その部分の屈折率が変化する。そしてMZ干渉計型光スイッチ21では、屈折率変化により位相が $\pi/2$ 変化するとスイッチングすることができ、薄膜ヒータ7のオン/オフでこれを達成できる。実験によれば、シリコン平面基板2の除去によりヒータ消費電力を、除去しない場合に比較して、70%削減することができた。これにより、省エネルギーのヒータを光導波路に付設できることが確認できた。

【0019】〔実施例3〕 図5に、金属の薄膜ヒータ7を図1(a)に示した光回路1の基板除去部分6の底面、即ち光導波路3の露出面に形成した例を示す。これは実施例2と同様の作用効果をもつ。もちろん、2つの薄膜ヒータを光導波路の上面と露出面の双方に設けても良い。

【0020】〔実施例4〕 図6に示す本実施例の光回路22は、光導波路3と光ファイバ(図示省略)との接続を容易にするために、光導波路端面でコア部4の寸法を4Aの如く拡大したものである。そのため、シリコン平面基板2上に作製した石英系ガラス光導波路3を有する光回路において、光導波路直下にて端面から少し内側まで、光導波路3のクラッド部5が露出するようにシリコン平面基板2を切削加工とエッチングにより除去した。このような光回路22において、基板除去部分6を

(4)

特開平5-34525

## 5

利用して、光導波路3の上下からマイクロバーナ10A、10Bを用いて加熱し、ドーパントを拡散させてコア部を図6中に符号4Aで示す如く拡大した。基板除去部分6の作製手順は図3と同じである。具体例として、加熱前の光導波路3ではコア部4が $7 \times 7 \mu\text{m}$ の矩形で、コア部4とクラッド部5の屈折率差が0.75%であったものを、上下のマイクロバーナ10A、10Bで加熱してコア部のドーパントを拡散させた。加熱後の光導波路3と通信用単一モード光ファイバ(図示省略)とを接続したところ、接続損失は0.1dBであり、コア部4のドーパントを拡散させない場合の接続損失が0.4dBであったので、0.3dBの損失低減化が達成できた。

【0021】〔実施例5〕 図7に示す本実施例の光回路23は、図1(a)に示した光回路1の基板除去部分6の底面と、その上の光導波路3上面とに金属の電極11A、11Bを形成し、光導波路3に局部的に電界を印加するようにしたものである。電界の印加により、光導波路3に局部的にポッケルス効果を誘起させることができた。詳細には、通常の方法でシリコン平面基板2上に、コア部4が $7 \times 7 \mu\text{m}$ の矩形で、コア部4とクラッド部5の屈折率差が0.75%の石英系ガラス光導波路3を作製し、図3と同じ手順で光導波路3直下に局部的に基板除去部分6を形成し、この基板除去部分6を利用して光導波路3の上下に電極11A、11Bを形成した。

【0022】〔実施例5の応用例〕 図7に示した実施例の効果を確認するために、マッハツェンダ(MZ)干渉計型光スイッチにおいて、アームとなる光導波路の直下で局部的に基板を除去し、この部分を利用して光導波路上下に各々電極を形成した。MZ干渉計型光スイッチでは、電圧印加により生じたポッケルス効果により一方のアームの位相を制御することができ、これによりスイッチすることができる。実験によれば電極間に200Vを印加することにより、スイッチングすることができた。

【0023】〔実施例6〕 図8に示した光回路24

$$n_x L = m\pi$$

【0026】

$$n_y L = (m+1/2)\pi$$

【0027】なお、圧電素子は基板除去部分の底面に取付けても良い。また、図示しないが本発明の他の実施例として、マイクロバーナなどにより基板除去部分から光導波路を局部的に加熱し、次いで急冷する。このクエンチにより、石英系ガラスでは屈折率を変えることができ、従って方向性結合器の結合率を変化させることが可能となる。あるいは、基板除去部分の底面とこれに反対側の光導波路上面に金属膜を蒸着する。これにより、効果的にTE・TMモードストリッパを作製することができる。更に、上述した各実施例では平面基板としてシリコン基板2を用いたが、切削加工またはエッチングがで

## 6

は、図1(a)に示した光回路1の基板除去部分6直上の光導波路3上面に圧電素子12を取り付け、圧電素子12により局所的且つ効率的に光導波路3に応力を与えて、光導波路3の偏波制御を行えるようにしたものである。応力を与えると光導波路3の屈折率に異方性を与えるので、偏波を制御できる。詳細には、通常の方法でシリコン平面基板2上に、コア部4が $7 \times 7 \mu\text{m}$ の矩形で、コア部4とクラッド部5の屈折率差が0.75%の石英系ガラス光導波路3を作製し、図3と同じ手順で光導波路3直下に局部的に基板除去部分6を形成し、この基板除去部分6直上の光導波路3の上面に圧電素子12を取り付けた。

【0024】〔実施例6の応用例〕 図8に示した実施例の効果を確認するために、図9に示すようにマッハツェンダ(MZ)干渉計型光スイッチ25において、アームとなる2つの光導波路3A、3Bの直下で局部的にシリコン平面基板を除去し、この部分を利用して両光導波路3A、3Bに各々圧電素子12A、12Bを取り付け、チューナブルな偏波ビームスプリッタを作成した。図9中で、4はコア部、5はクラッド部、9Aと9Bは3dB方向性結合器である。このような圧電素子12A、12Bにより応力を加えることにより、各光導波路3A、3Bの屈折率に異方性を与えることができる。ここで、光導波路の伝搬方向に垂直で且つ基板に平行な方向の屈折率を $n_x$ 、また、伝搬方向に垂直で且つ基板に垂直な方向の屈折率を $n_y$ とし、更に、応力が加わっている部分の長さをLとすると、MZ干渉計型光スイッチ25では、下式(1)、(2)を満たす場合にTE偏波とTM偏波をそれぞれ別々のポート25A、25Bから取り出すことができる。図9の例では、圧電素子12A、12Bにより、加える応力を調節することにより各屈折率 $n_x$ 、 $n_y$ を制御して、チューナブルな偏波ビームスプリッタを実現することができた。

【0025】

【数1】

…式(1)

【数2】

…式(2)

きる基板であれば素材はシリコンに限るものではない。

【0028】

【発明の効果】本発明の光回路は光導波路下で平面基板を局部的に除去したものであるから、基板裏側面から加工やエッチングを行うことができるため、従来の光回路作製法の変更を必要とせず、効果的且つ簡便に種々の特性を活かした光回路を提供することができ、多機能高集積化及び生産性向上に大きく寄与する。また、本発明は、既に作製済みの光回路を対象として実施することができるため、作製時には予定しなかった出力特性の光回路、あるいは規格外の出力特性の光回路を、所望の特性

(5)

特開平5-34525

7

に調節することができ、光回路の生産性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1である基本的な光回路を示す断面図。

【図2】本発明の実施例2として、光導波路上面に薄膜ヒータを有する光回路を示す断面図。

【図3】実施例2の光回路の作製手順を示す図。

【図4】実施例2の光回路を応用したMZ干渉計型光スイッチの構成図。

【図5】本発明の実施例3として光導波路の基板除去部分での露出面に薄膜ヒータを有する光回路を示す断面図。

【図6】本発明の実施例4として、光ファイバとの接続容易のため、基板除去部分を利用して光導波路端面でコア部を拡大した光回路を示す断面図。

【図7】本発明の実施例5として、基板除去部分を利用して光導波路の上下に電極を有する光回路を示す断面図。

【図8】本発明の実施例6として、基板除去部分直上の光導波路上面に圧電素子を有する光回路を示す断面図。

8

【図9】実施例6の光回路をMZ干渉計型光スイッチに適用して作製したチューナブルな偏波ビームスプリッタの構成図。

【符号の説明】

1, 1A, 20, 22, 23, 24 光回路

2 シリコン平面基板

3, 3A, 3B 光導波路

4 コア部

4A 拡大したコア部

10 5 クラッド部

6, 6A 基板除去部分

7 薄膜ヒータ

8 穴

9A, 9B 3dB方向性結合器

10A, 10B マイクロバーナ

11A, 11B 電極

12, 12A, 12B 圧電素子

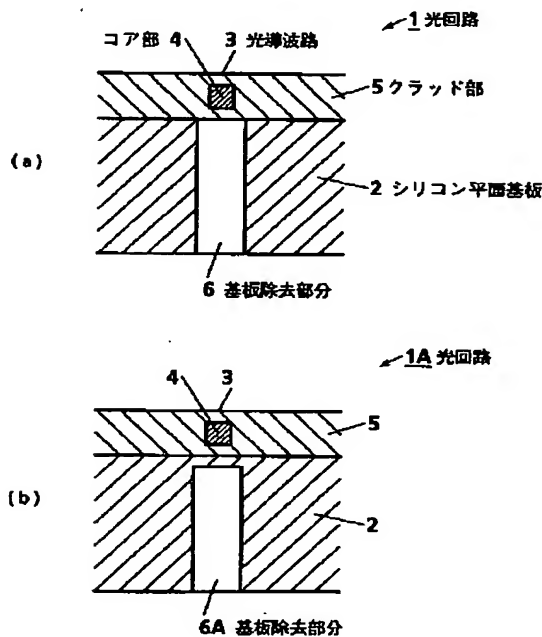
21 MZ干渉計型光スイッチ

25 MZ干渉計型光スイッチ（チューナブル偏波ビームスプリッタ）

25A, 25B ポート

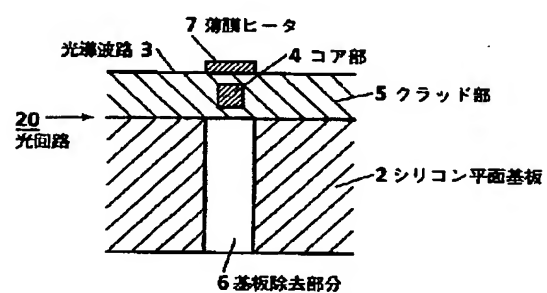
【図1】

実施例1(基本構成)



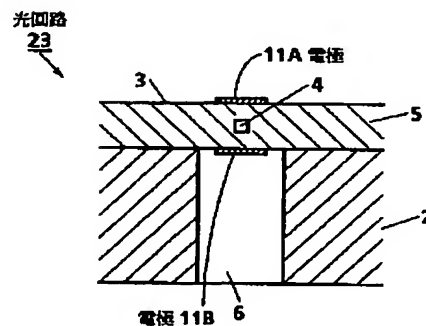
【図2】

実施例2



【図7】

実施例5

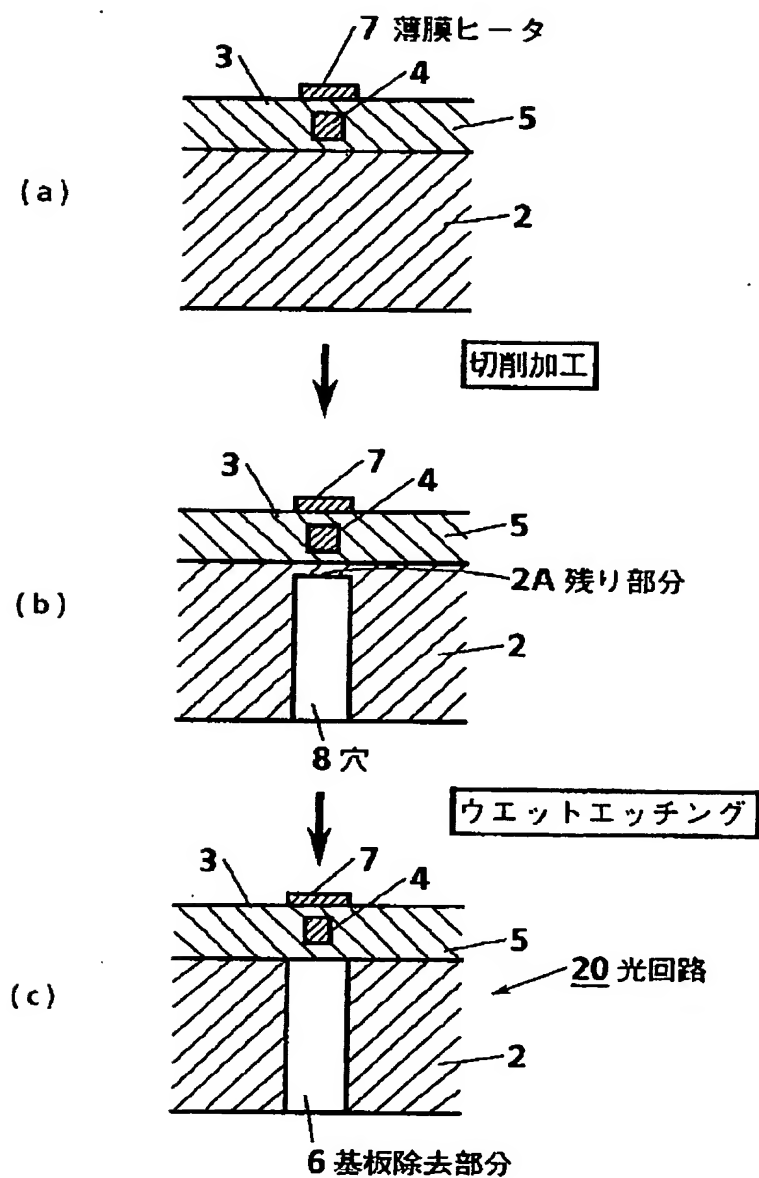


(6)

特開平5-34525

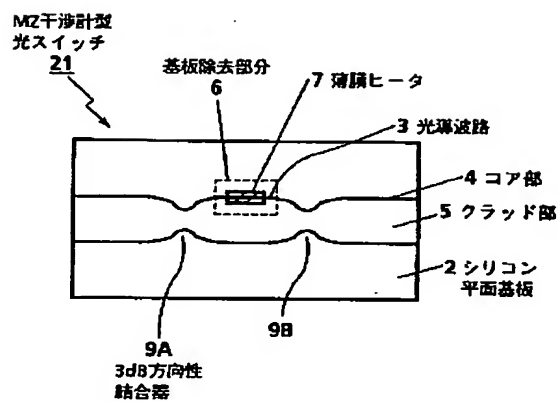
【図3】

実施例2の作製手順



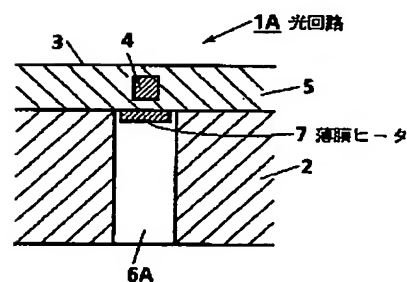
【図4】

実施例2の応用例



【図5】

実施例3

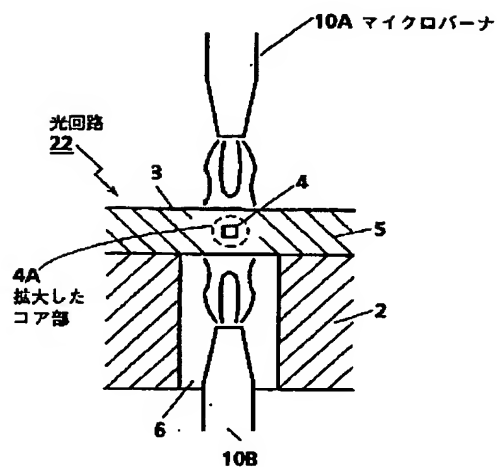


(7)

特開平 5 - 3 4 5 2 5

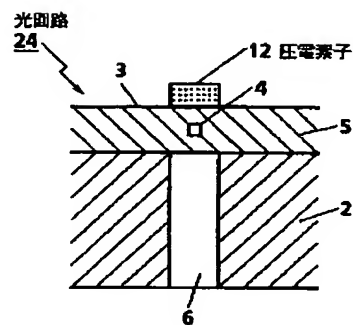
【図 6】

実施例 4



【図 8】

実施例 6



【図 9】

実施例 6 の応用例

